

# ANALISA KERUSAKAN *CONNECTING ROD* PADA MESIN DIESEL KENDARAAN BERMOTOR

Eka Febriyanti

Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

E-mail : eka.ndut@yahoo.com

## Abstract

*Connecting rod and crank pin bearing are important components of automotive diesel engine. If these components failed, all of engine system would be shut down. In this research, these components failed during operation. Detail analysis of the failed surface showed that the failure in connecting rod and crank pin bearing was caused by improper lubrication system. Evidence of improper lubrication system was proved by the existence of black scratch and chipping on crank pin bearing which formed by high friction during operation. High friction affects performance of other pistons and therefore bolts of connecting rod experienced dynamic tension load. With repeated load during operation, crack initiated on the bolts and propagated until the bolt could not withstand the load anymore before they are finally broken.*

**Kata kunci :** connecting rod, crank pin bearing, mesin diesel, pelumasan, beban gesek

## 1. PENDAHULUAN

*Connecting rod cylinder* dan *crank pin bearing* merupakan komponen yang berperan penting terhadap kinerja mesin diesel suatu kendaraan bermotor. Apabila terjadi kerusakan pada kedua komponen tersebut maka mengakibatkan mesin diesel tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya [John F. Dagel, 2001]. Karena itu jika terjadi kerusakan pada mesin diesel, analisa kerusakan harus segera dilakukan untuk mencari penyebab kerusakan tersebut agar dapat ditentukan langkah-langkah penanggulangan untuk mencegah terjadinya pengulangan kerusakan yang sejenis. Pada suatu unit industri otomotif di Indonesia telah ditemukan kerusakan mesin diesel suatu kendaraan bermotor sehingga dilakukan penarikan kendaraan tersebut dari pasaran. Setelah diketahui ada beberapa komponen baut pada *connecting rod cylinder* dan *crank pin bearing* dari mesin diesel yang terindikasi rusak kemudian kedua komponen tersebut diteliti dan dianalisa di laboratorium analisa kerusakan B2TKS untuk dicari penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin diesel tersebut.

## 2. BAHAN DAN METODE

Komponen baut pada *connecting rod cylinder* dan *crank pin bearing* dari mesin diesel yang mengalami kerusakan diperiksa di laboratorium analisa kerusakan B2TKS-BPPT. Pemeriksaan benda uji mencakup pemeriksaan visual pada daerah yang rusak, pemeriksaan struktur makro

dengan menggunakan mikroskop stereo, pemeriksaan fraktografi untuk mengamati permukaan retakan dan permukaan patahan, pemeriksaan struktur mikro dengan mikroskop optic untuk memeriksa kondisi struktur mikro dan perubahannya, cacat mikrostruktur, serta karakteristik permukaan yang mengalami patahan, pemeriksaan dengan *scanning electron microscope* untuk memeriksa permukaan patahan, uji kekerasan, analisa komposisi kimia material dengan menggunakan *metorex*, serta uji komposisi deposit dengan metode *energy dispersive X-Ray analysis*. Data benda uji baut pada *connecting rod cylinder* dan *crank pin bearing* adalah sbb: **Spesifikasi material :**

### Baut pada *connecting rod cylinder*

material baut	: Ni-Cr steel
panjang baut	: 6 cm
diameter baut	: 8 mm

### Crank pin bearing

material bearing	: S 10 C dan tri metal
tebal	: 1 mm
Diameter dalam	: 5.0 cm
Diameter luar	: 5.1 cm

### Lubricating oil

<i>Specific gravity</i> (15/4°C)	: 0.8927
Reaksi	: alkali
<i>Flash point</i> (°C)	: 200
<i>Viscosity</i> cst (100°F)	: 96.89
<i>Viscosity</i> cst (210°F)	: 10.76
<i>Viscosity index</i>	: 103
Carbon residue (%)	: 2.01

Ash content : 1.27  
 Water content : none  
 Total acid number (mg KOH/g) : 2.920  
 Total base number (mg KOH/g) : 9.508  
 Stability (170°C x 12 Hr) : Good  
 Corrosion test (Cu 100°C x 3 Hr) : Pass (1a)  
 Butadiene insoluble matter (%) : 0.62  
 Etanol insoluble matter (%) : 0.58

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pemeriksaan Visual

Pemeriksaan secara visual pada permukaan material baut *connecting rod cylinder* (Gambar 1) terlihat adanya deformasi plastis akibat beban pukulan berulang berupa *bend* / bengkok (Gambar 2), *discoloration* (perubahan warna), dan tanda terkena tumbukan tepat di daerah lekukan tegak lurus dengan panjang pipa (Gambar 3). Hal ini mengindikasikan bahwa material baut *connecting rod cylinder* mengalami tumbukan dengan partikel keras.

Selain itu, juga ditemukan kerusakan pada material *crank pin bearing* berupa permukaan gosong / kehitaman (Gambar 4) dan banyak ditemukan *chipping* / gompel (Gambar 5) lalu diikuti dengan adanya penemuan pecahnya lining silinder yang diindikasikan akibat bertumbukan dengan material baut *connecting rod cylinder*

(Gambar 6).



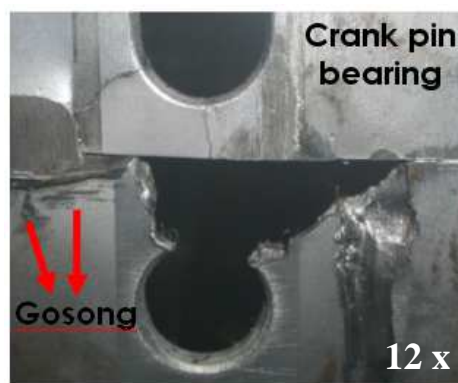
Gambar 1. Kondisi visual benda uji baut *connecting rod cylinder* yang patah



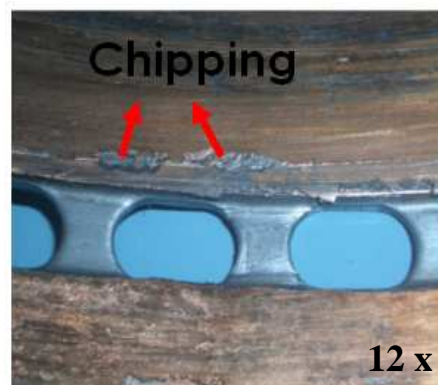
Gambar 2. Foto kondisi visual permukaan luar baut *connecting rod cylinder* yang patah berupa deformasi plastis (*bend* / bengkok)



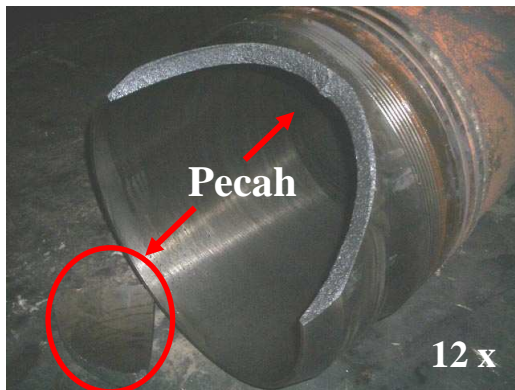
Gambar 3. Foto kondisi visual permukaan luar baut *connecting rod cylinder* yang patah berupa *discoloration* (perubahan warna) dan tanda terkena tumbukan



Gambar 4. Foto kondisi visual permukaan luar *crank pin bearing* yang rusak berupa permukaan gosong (kehitaman)



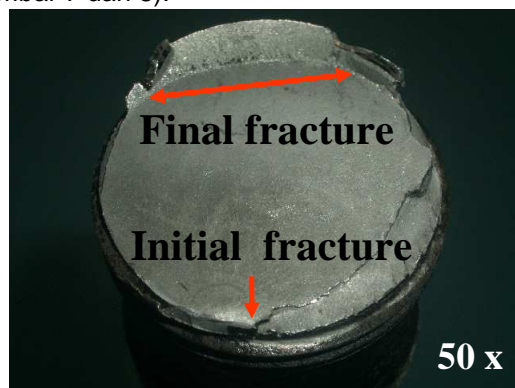
Gambar 5. Foto kondisi visual permukaan luar *crank pin bearing* yang rusak berupa *chipping* / gompel akibat tergerus



Gambar 6. Foto kondisi visual *lining cylinder* yang pecah

### 3.2 Pemeriksaan Makro

Pada baut *connecting rod cylinder* ditemukan adanya indikasi fatigue berupa *beach mark* (Gambar 7 dan 8).



Gambar 7. Patahan baut *connecting rod cylinder*

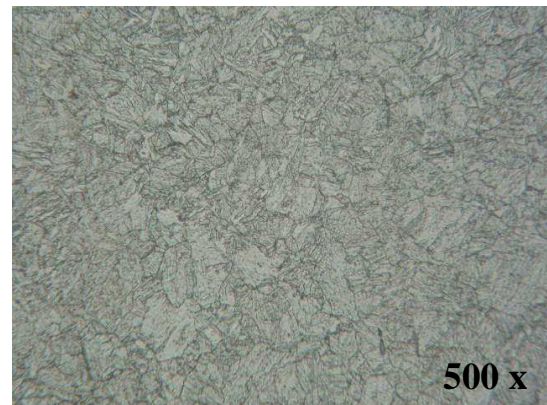


Gambar 8. Penampakan makro patahan baut *connecting rod cylinder*

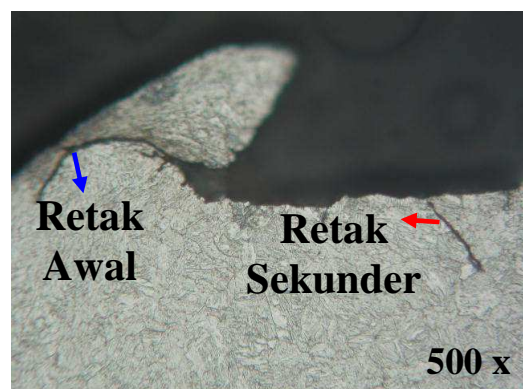
### 3.3 Pemeriksaan Struktur Mikro

Pemeriksaan struktur mikro penampang melintang dilakukan pada baut *connecting rod cylinder* (Gambar 1). Secara umum struktur mikro baut *connecting rod cylinder* terdiri dari martensite temper (Gambar 9). Pada pemeriksaan struktur mikro nampak jelas adanya retak sekunder di samping retak utama (Gambar 10).

Pada pemeriksaan struktur mikro material crank pin bearing memberikan indikasi adanya degradasi penipisan lapisan coating (*Babbitt Metal*) Cu (Gambar 11) akibat bereaksinya lapisan coating Cu dengan panas yang dihasilkan dari gesekan tinggi antara permukaan *crank pin bearing* dengan *crank shaft* di daerah yang rusak sehingga menyebabkan lapisan coating tersebut semakin terdegradasi dan menipis. Sedangkan pada daerah yang tidak rusak, lapisan coating Cu bentuknya tetap dan tidak mengalami penipisan (Gambar 12) [R.C Tucker, 2003].

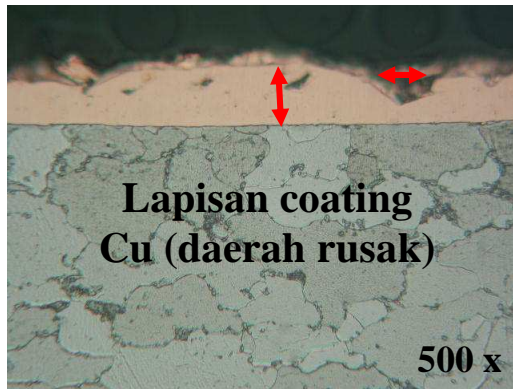


Gambar 9. Struktur mikro penampang melintang baut *connecting rod cylinder* berupa martensite temper. Perbesaran : 500 x. Etsa : nital 3 %

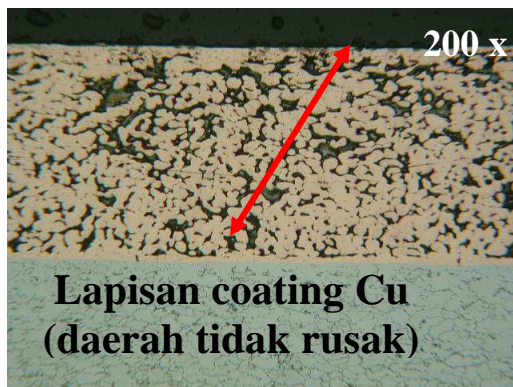


Gambar 10. Retak awal dan retak sekunder pada permukaan patahan baut *connecting rod cylinder*. Perbesaran : 500 x. Etsa : nital 3 %





Gambar 11. Potongan sampel *crank pin bearing* memperlihatkan adanya degradasi penipisan lapisan coating Cu / babbitt. Perbesaran : 500 x. Etsa : nital 3 %

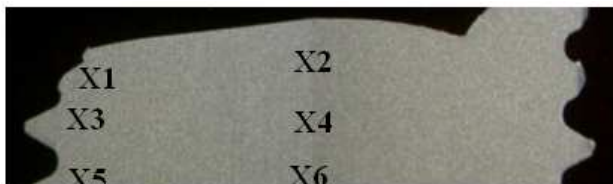


Gambar 12. Potongan sampel *crank pin bearing* memperlihatkan adanya lapisan coating Cu yang belum terdegradasi. Perbesaran : 500 x. Etsa : nital 3 %

### 3.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan baut *connecting rod cylinder* dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat kekerasannya. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari hasil pengujian kekerasan pada sampel material baut *connecting rod cylinder* menunjukkan bahwa nilai kekerasan material antara 301 – 315 HB. Hal ini menunjukkan kesesuaian terhadap nilai kekerasan mikrostruktur martensite temper.



Gambar 13. Lokasi pengujian kekerasan material baut *connecting rod cylinder* (Tanda X)

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan material baut *connecting rod cylinder*

Number	Hardness
Location	Value (HB)
1	303
2	301
3	315
4	305
5	309
6	303

### 3.5 Pemeriksaan Komposisi Kimia

Pemeriksaan komposisi kimia baut *connecting rod cylinder* dapat dilihat pada Tabel 2.

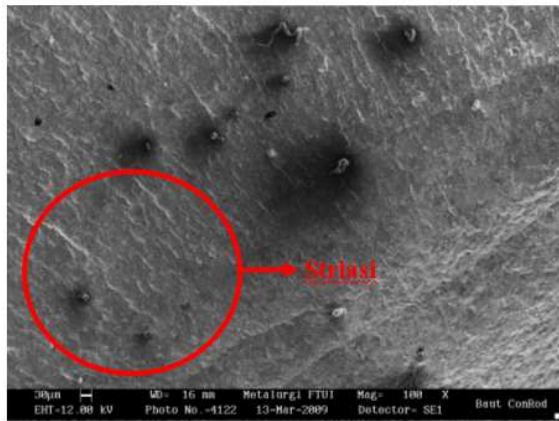
Tabel 2. Komposisi kimia material baut *connecting rod cylinder*

Material Baut			
Unsur	wt %	Unsur	wt %
Fe	94.68	Al	0.027
C	0.15	V	0.017
Si	0.27	W	<0.00
Mn	0.53	Ti	0.0072
Cr	0.81	Nb	0.0022
Ni	3.33	B	0.0001
Mo	0.12	S	0.020
Cu	0.048	P	0.035

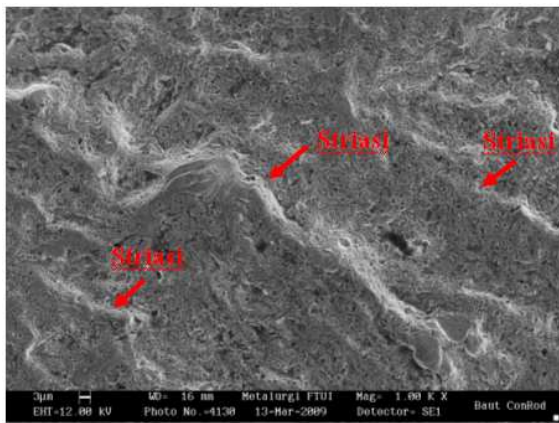
### 3.6 Analisa SEM-EDAX

Hasil analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada material baut *connecting rod cylinder* yang rusak menunjukkan adanya indikasi *fatigue* berupa striasi (Gambar 14-15).

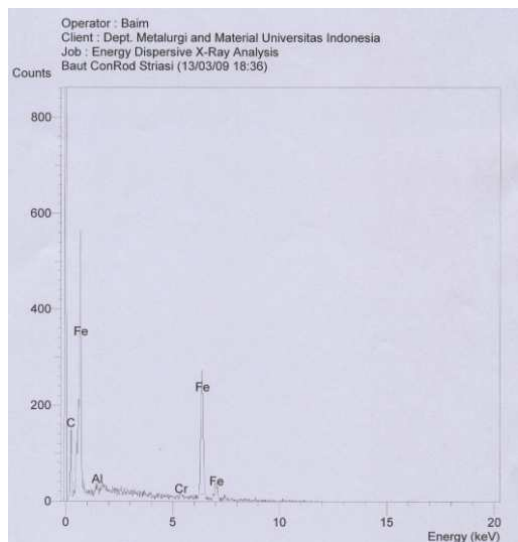
Sedangkan dari hasil analisa EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-ray*) tidak ditemukan adanya elemen asing seperti unsur penyusun inklusi (Mn, S, dll). Element-element lainnya yang muncul merupakan hasil dari analisa EDAX merupakan unsur dari material baut *connecting rod cylinder* seperti C, Al, Cr, Fe (Gambar 16).



Gambar 14. Permukaan patahan baut *connecting rod cylinder* menunjukkan adanya indikasi fatigue berupa striasi



Gambar 15. Perbesaran Gambar 14



Gambar 16. Hasil analisa EDAX baut di *connecting rod cylinder*

Tabel 3. Hasil analisa EDAX baut *connecting rod cylinder*

Unsur	Hasil Analisa EDAX (wt %)
C	6.89
Al	0.49
Cr	1.21
Fe	91.40

### 3.7 Pembahasan

Penyebab kerusakan mesin diesel secara umum dapat bersumber dari tiga kemungkinan kesalahan yaitu : [John F. Dagle, 2001]

- (1) Kesalahan operasi seperti pembakaran awal.
- (2) Kesalahan mekanik, yang meliputi kesalahan pada bearing, sistem pendinginan, dan pelumasan.
- (3) Kesalahan material yang meliputi cacat dan ketidaksesuaian material.

Ketidaksempurnaan pembakaran didalam ruang bakar yang ditandai dengan adanya deposit karbon tidak ditemukan, sehingga pengaruh faktor kesalahan operasi tidak menjadi tinjauan dalam pembahasan ini.

Dari hasil pemeriksaan komposisi kimia terhadap material connecting rod diketahui bahwa material yang digunakan adalah Ni-Cr steel atau Ni-Cr-Mo steel yang mempunyai struktur mikro martensit temper. Hal tersebut sesuai dengan spesifikasi standard JIS G 4103 tentang Nikel Chromium Molybdenum Steels [JIS Handbook Ferrous Material, 1998], sehingga pengaruh factor kesalahan material tidak menjadi tinjauan dalam pembahasan ini.

Sedangkan dari pemeriksaan yang dilakukan, ditemukan adanya masalah pada material *crack pin bearing* berupa permukaan yang kehitaman (gosong) (Gambar 4) dan *chipping* / gompel (Gambar 5). Hal ini mengindikasikan terjadi masalah pada sistem pendingin dan pelumasan berupa penurunan *supply lubricating oil* pada komponen material *crank pin bearing*, sehingga pengaruh faktor kesalahan mekanik dapat menjadi tinjauan dalam pembahasan ini [Tucker R.C, 2003].

Permasalahan dalam sistem pelumasan ini mengakibatkan kerja dari material *crack pin bearing* semakin berat / terganggu, sehingga menimbulkan indikasi gesekan yang tinggi antara piston dengan *lining cylinder* serta *crank pin bearing* dengan *crank shaft*. Bila mekanisme ini terjadi secara serius maka timbul goresan (*scratch*) pada *crank pin bearing*. Hal ini dibuktikan dengan adanya *chipping* dan permukaan gosong (kehitaman) di permukaannya. Pada saat mesin

diesel bekerja, beban gesekan tersebut akan menghambat kerja dari piston yang lain. Beban gesekan akan menjadi beban perlawanan terhadap beban yang dihasilkan dari piston lain sehingga menyebabkan baut di *connecting rod cylinder* mengalami beban dinamis secara berulang dan akhirnya dapat rusak (patah).

Pada permukaan baut *connecting rod cylinder* yang patah ditemukan adanya indikasi retak fatigue berupa striasi (Gambar 14-15). Indikasi penjaran retak diduga akibat beban tarik dinamis secara *high cycle* dan prosesnya berlangsung cepat.

Dengan adanya retak awal berupa retak mikro akibat beban tarik dinamis dari pergerakan piston, *lining cylinder*, *crank pin bearing*, dan *crank shaft* ketika mesin diesel bekerja maka terjadi penjaran retak. Penjaran retak ini terus berkembang pada penampang sisa baut *connecting rod* sampai material baut *connecting rod cylinder* tersebut tidak sanggup lagi menahan beban tarik dinamis sehingga terjadi patah. Selain itu pada bagian permukaan patahan juga menunjukkan adanya retak sekunder di samping retak utama yang menyebabkan baut *connecting rod cylinder* patah.

#### 4. KESIMPULAN

- Adanya permasalahan pada sistem pelumasan berupa penurunan *supply lubricating oil* merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan baut *connecting rod cylinder* pada mesin diesel
- Baut *connecting rod cylinder* patah disebabkan adanya retak fatik pada sisi permukaan dalam baut yang menjalar secara bertahap sampai pada penampang sisa tertentu. Dengan beban pengoperasian yang ada berupa beban tarik dinamis, baut *connecting rod cylinder* tidak mampu lagi menahan beban hingga terjadi patah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dagel John F., "**Piston, Piston Rings, and Connecting Rod Assembly**", Diesel Engine Repair, 2001, p.126-139
- ....., "**Nickel Chromium Molybdenum Steel**", JIS Handbook Ferrous Materials & Metallurgy I, Japanese Standard Association, 1998, p.605
- Tucker R.C, "**Effect of Microstructures to Wear Failure**", ASM Hand-book, Vol. 11, 2003, p.160 - 161